

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2001年8月2日 (02.08.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/56103 A1(51) 国際特許分類⁷: H01M 4/96, 4/88, 13/50

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/00486

(22) 国際出願日: 2001年1月25日 (25.01.2001)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2000-18391 2000年1月27日 (27.01.2000) JP
特願2000-201781 2000年7月4日 (04.07.2000) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱
レイヨン株式会社 (MITSUBISHI RAYON CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒108-8506 東京都港区港南一丁目6番41号
Tokyo (JP).原和茂 (MIHARA, Kazushige) [JP/JP]; 〒739-0693 広
島県大竹市御幸町20番1号 三菱レイヨン株式会社 中
央技術研究所内 Hiroshima (JP). 宝迫芳彦 (HOSAKO,
Yoshihiko) [JP/JP]; 〒739-0693 広島県大竹市御幸町20
番1号 三菱レイヨン株式会社 大竹事業所内 Hiroshima
(JP).(74) 代理人: 金田暢之, 外 (KANEDA, Nobuyuki et al.); 〒
107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビ
ル8階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CA, JP, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE,
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).添付公開書類:
— 国際調査報告書

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中村 誠 (NAKA-
MURA, Makoto) [JP/JP]. 大橋英彦 (OHASHI, Hide-
hiko) [JP/JP]. 浜田光夫 (HAMADA, Mitsuo) [JP/JP]. 三2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。(54) Title: POROUS CARBON ELECTRODE MATERIAL, METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME, AND CARBON
FIBER PAPER

(54) 発明の名称: 多孔質炭素電極基材およびその製造方法並びに炭素繊維紙

(57) Abstract: A carbon fiber paper characterized in that it comprises an organic polymer compound as a binder and carbon fibers including fine fibers having an average diameter of less than 5 μm and an average fiber length of 3-10 mm, a porous carbon electrode base material for fuel cells having a thickness of 0.05 to 0.5 mm, a bulk density of 0.3 to 0.8 g/cm³, a rate of strain of 10 mm/min, a bending strength of more than 10 MPa measured by a three-point bending test under the condition that the distance between the supports is 2 cm and the width of the test piece is 1 cm, and a deflection of the bending is 1.5 mm or more, and a method for producing a porous carbon electrode base material for fuel cells by impregnating the carbon fiber paper with a thermosetting resin, (setting the thermosetting resin by heating under pressure, and carbonize the resin are disclosed. The electrode base material has an excellent softness and an excellent bending strength, can be formed into a roll and produced with high productivity. The carbon fiber paper is preferably used for manufacturing the electrode base material.

[続葉有]

WO 01/56103 A1



(57) 要約:

バインダーとしての有機高分子化合物と炭素繊維とからなり、炭素繊維が平均直径 $5\mu\text{m}$ 未満かつ平均繊維長が $3\sim 10\text{mm}$ の細繊維を含むことを特徴とする炭素繊維紙、厚みが $0.05\sim 0.5\text{mm}$ で嵩密度が $0.3\sim 0.8\text{g}/\text{cm}^3$ であり、歪み速度 $10\text{mm}/\text{min}$ 、支点間距離 2cm および試験片幅 1cm の条件での3点曲げ試験において曲げ強度が 10MPa 以上でかつ曲げの際のたわみが 1.5mm 以上である燃料電池用多孔質炭素電極基材、並びに、上記炭素繊維紙に熱硬化性樹脂を含浸し、加熱加圧により該熱硬化性樹脂を硬化し、次いで炭素化する燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法が提供された。

本発明の電極基材は、柔軟性および曲げ強度に優れ、ロールに巻くことができるなど生産性が高く、本発明の炭素繊維紙はこの電極基材を製造するのに好適である。

明 細 書

多孔質炭素電極基材およびその製造方法並びに炭素繊維紙

技術分野

本発明は、炭素繊維紙及びそれを用いた燃料電池用電極基材、特に固体高分子型燃料電池用電極基材及びその製造方法に関するものである。

背景技術

固体高分子型燃料電池用の電極にはリン酸型燃料電池用の電極と比較して、ガス拡散・透過性、ハンドリングに耐えるための強度、柔軟性、電極製造時や電極を組んだときの圧縮に耐える強度等が必要とされる。また、固体高分子型燃料電池はリン酸型燃料電池に比べて小型のものが要求されているため、電極も薄型のものが必要とされている。このような固体高分子型燃料電池用の電極としては、炭素短繊維を抄紙して熱硬化性樹脂を含浸させ、硬化後、焼成することにより製造されるものが主流となっているが、燃料電池の生産性向上のためには、この電極がロール状に巻けるほどの柔軟性が必要となってくる。しかしながら、これまでの電極は厚く、曲げるとすぐに壊れてしまうものが多い。また、これまでの電極は炭素繊維同士の結着点の数が少ないため、空孔率を高くすると、導電性が悪くなるという問題があった。

特開平 7-142068 号公報には炭素質ミルドファイバーを混入することにより、導電性の良い多孔質炭素電極基材を示しているが、厚いため固体高分子型燃料電池に使用するには柔軟性に欠ける。

特開平 9-157052 号公報には多孔質炭素板とその製造方法の発明について記載されているが、この発明の電極は、嵩密度が低いため、導電性が十分であるとは言えない。

発明の開示

本発明は、上記のような問題点を克服し、高い導電性を有しかつ柔軟性を有する燃料電池用電極基材とその製造方法を提供すること、およびこの電極基材

を製造するに好適な炭素繊維紙を提供することを目的とする。

本発明は、バインダーとしての有機高分子化合物と炭素繊維とからなり、該炭素繊維が平均直径 $5\ \mu\text{m}$ 未満かつ平均繊維長が $3\sim 10\ \text{mm}$ の細繊維を含むことを特徴とする炭素繊維紙である。

本発明の炭素繊維紙においては、前記有機高分子化合物がポリビニルアルコールであることが好ましく、また、前記有機高分子化合物がアクリロニトリル系ポリマーのパルプ状物あるいは短繊維であることが好ましい。また、前記炭素繊維がポリアクリロニトリル系炭素繊維のみからなることが好ましい。さらに、前記炭素繊維が、平均直径が $3\ \mu\text{m}$ を越え $5\ \mu\text{m}$ 未満で平均繊維長が $3\sim 10\ \text{mm}$ である細繊維と、平均直径が $5\ \mu\text{m}$ 以上 $9\ \mu\text{m}$ 未満で平均繊維長が $3\sim 10\ \text{mm}$ の太繊維との混合物であることが好ましい。前記炭素繊維中に、前記細繊維が 40 質量%以上含まれることも好ましい。

本発明はまた、厚みが $0.05\sim 0.5\ \text{mm}$ で嵩密度が $0.3\sim 0.8\ \text{g}/\text{cm}^3$ であり、かつ、歪み速度 $10\ \text{mm}/\text{min}$ 、支点間距離 $2\ \text{cm}$ および試験片幅 $1\ \text{cm}$ の条件での3点曲げ試験において曲げ強度が $10\ \text{MPa}$ 以上でかつ曲げの際のたわみが $1.5\ \text{mm}$ 以上である燃料電池用多孔質炭素電極基材である。

本発明の電極基材においては、長さが $1\ \text{m}$ 以上であり、かつ、外径 $50\ \text{cm}$ 以下のロールに巻き取り可能であることが好ましい。また、電極基材が炭素繊維を含有し、該炭素繊維がポリアクリロニトリル系炭素繊維のみであることが好ましい。さらに、電極基材が炭素繊維を含有し、該炭素繊維が平均直径が $3\ \mu\text{m}$ を越え $5\ \mu\text{m}$ 未満で平均繊維長が $3\sim 10\ \text{mm}$ の細繊維と平均直径が $5\ \mu\text{m}$ 以上 $9\ \mu\text{m}$ 未満で平均繊維長が $3\sim 10\ \text{mm}$ の太繊維との混合物であることが好ましい。電極基材が炭素繊維を含有し、含有する全炭素繊維中に、前記細繊維が 40 質量%以上含まれることも好ましい。

本発明はまた、バインダーとしての有機高分子化合物と炭素繊維とからなり

、該炭素繊維が平均直径 $5\ \mu\text{m}$ 未満かつ平均繊維長が $3\sim 10\text{mm}$ の細繊維を含む炭素繊維紙に、熱硬化性樹脂を含浸し、加熱加圧により該熱硬化性樹脂を硬化し、次いで炭素化する燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法である。

本発明の製造方法においては、上述の炭素繊維紙のうち、炭素繊維が、平均直径が $3\ \mu\text{m}$ を越え $5\ \mu\text{m}$ 未満で平均繊維長が $3\sim 10\text{mm}$ である細繊維と平均直径が $5\ \mu\text{m}$ 以上 $9\ \mu\text{m}$ 未満で平均繊維長が $3\sim 10\text{mm}$ の太繊維の混合物である炭素繊維紙を使用することが好ましい。また、前記加熱加圧を炭素繊維紙の全長にわたって連続して行うことが好ましい。また、前記加熱加圧に先立って、熱硬化性樹脂が含浸された炭素繊維紙を予熱することが好ましい。さらに、一対のエンドレスベルトを備えた連続式加熱プレス装置を用いて前記加熱加圧を行うこと、あるいは、連続式加熱ロールプレス装置を用いて前記加熱加圧を行うことが好ましい。前記加熱加圧に際して $1.5\times 10^4\sim 1\times 10^5\text{N/m}$ の線圧で加圧することも好ましい。

また、本発明の製造方法においては、前記炭素化を炭素繊維紙の全長にわたって連続して行うことが好ましい。また、前記炭素化を行って得た電極基材を、外径 50cm 以下のロールに巻き取ることが好ましい。さらに、前記熱硬化性樹脂に導電性物質を混入することも好ましい。

図面の簡単な説明

図 1 は本発明の製造方法に好適に使用できる、連続式加熱ロールプレス装置の一例である。

図 2 は本発明の製造方法に好適に使用できる、一対のエンドレスベルトを備えた連続式加熱プレス装置の一例である。

1…樹脂含浸炭素繊維紙、2…離型剤コーティング基材、3 a、3 b…エンドレスベルト、4…予熱ゾーン、5…加熱加圧ゾーン

発明を実施するための最良の形態

以下に本発明をさらに詳しく説明する。

本発明の炭素繊維紙は、平均直径が $5\ \mu\text{m}$ 未満、平均繊維長が $3\text{mm}\sim 10$

mmの細炭素短繊維を含む炭素繊維とバインダーとしての有機高分子化合物とからなる。

本発明において、平均直径が5 μ m未満、好ましくは3 μ mを越えて4.5 μ m以下の炭素短繊維を用いることにより、多孔質電極基材の曲げ強さや柔軟性を向上させることができる。平均直径が5 μ mより太い炭素繊維のみであると柔軟性が不足し、繊維間の結着点が少なく、このような炭素繊維紙を用いて作製した電極は抵抗が大きくなってしまう。また、平均直径を3 μ mより太くすることにより、炭素繊維紙が緻密になってガスの透過性が低下することを防ぐことができ、好ましい。

さらに、炭素繊維の平均繊維長は、基材の強度や平滑性の観点から、3 mm～10 mmにすることが好ましく、3～9 mm程度とするのがより好ましい。平均繊維長が3 mm未満であると繊維同士の絡み合いが少なくなり、基材の強度が弱くなる。また、10 mmを越えると、繊維の分散媒中への分散性が下がり、ムラのある炭素繊維紙となる。

前記した平均直径5 μ m未満かつ平均繊維長3～10 mmの細繊維は全炭素繊維の40質量%以上であることが好ましい。すなわち、全ての炭素繊維のうち、平均直径5 μ m未満かつ平均繊維長3～10 mmの細繊維は40質量%以上であり、平均直径5 μ m以上の炭素繊維が60質量%以下の混合炭素繊維を本発明の炭素繊維に用いることができる。電極基材の柔軟性や高い導電性維持のために、平均直径5 μ m未満の上記細繊維が40質量%以上含まれることが好ましい。

平均繊維径が5 μ m未満かつ平均繊維長が3～10 mmの炭素繊維以外としては、5 μ m以上の平均繊維径の炭素繊維を用いることが好ましく、7 μ m以上の平均繊維径の炭素繊維を用いることがより好ましい。

炭素繊維紙に含まれる炭素繊維が、平均直径が3 μ mを越え5 μ m未満で平均繊維長が3～10 mmの細繊維と、平均直径が5 μ m以上9 μ m未満で平均繊維長が3～10 mmの太繊維との混合物であることも好ましい。細径炭素繊維は電極への柔軟性付与や導電性向上に寄与し、一方、太径炭素繊維は繊維基材の分散性向上やガス透過性向上に寄与する。したがって、これらを適当量混

抄した炭素繊維紙は前述した長所を兼ね備えることができ、好ましい。

本発明で用いる炭素繊維はポリアクリロニトリル系炭素繊維、ピッチ系炭素繊維、レーヨン系炭素繊維などいずれであって良い。しかしながら、機械的強度が比較的高いポリアクリロニトリル系炭素繊維が好ましく、特には、用いる炭素繊維がポリアクリロニトリル系炭素繊維のみからなることが好ましい。

ポリアクリロニトリル系炭素繊維は、原料として、アクリロニトリルを主成分とするポリマーを用いて製造されるものである。具体的には、アクリロニトリル系繊維を紡糸する製糸工程、200～400℃の空気雰囲気中で該繊維を加熱焼成して酸化繊維に転換する耐炎化工程、窒素、アルゴン、ヘリウム等の不活性雰囲気中でさらに300～2500℃に加熱して炭化する炭化工程を経て得ることのできる炭素繊維で、複合材料強化繊維として好適に使用される。そのため、他の炭素繊維に比べて強度が強く、機械的強度の強い炭素繊維紙を形成することができる。

炭素繊維紙を作製するための抄紙方法としては、液体の媒体中に炭素短繊維を分散させて抄造する湿式法や、空気中に炭素短繊維を分散させて降り積もらせる乾式法が適用できる。また、炭素繊維同士を結着させるバインダーとして、適当量の有機高分子物質を混ぜることが好ましい。かくすることにより、炭素繊維紙の強度を保持し、その製造途中で炭素繊維紙から炭素繊維が剥離したり、炭素繊維の配向が変化したりするのを防止することができる。

有機高分子化合物としては、ポリビニルアルコール、あるいはアクリロニトリル系ポリマーのパルプ状物もしくは短繊維であることが好ましい。アクリロニトリル系ポリマーのパルプ状物又は短繊維は、それ自身の焼成物が導電体としての役割を果たすため、特に好ましい。また、ポリビニルアルコールは抄紙工程での結着力に優れるため、炭素短繊維の脱落が少なくバインダーとして好ましい。また、ポリビニルアルコールは電極基材を製造する最終段階の炭素化過程で大部分が分解・揮発してしまい、空孔を形成する。この空孔の存在によ

り、水及びガスの透過性が向上するため好ましい。

パルプ状物は繊維状の幹から直径が数 μm 以下のフィブリルを多数分岐した構造で、このパルプ状物より作ったシート状物は繊維同士の絡み合いが効率よく形成されており、薄いシート状物であってもその取り扱い性に優れているという長所を有している。また、アクリロニトリル系ポリマーの短繊維は、アクリロニトリル系ポリマーからなる繊維糸、または繊維のトウを、所定の長さにカットして得ることができる。

炭素繊維紙における有機高分子化合物の含有率は、5～40質量%の範囲にあるのが好ましい。より好ましくは15～30質量%の範囲である。炭素繊維紙に樹脂含浸し、焼成して得られる電極基材の電気抵抗を低くするためには、高分子化合物の含有量は少ない方がよく、含有率は40質量%以下が好ましい。炭素繊維紙の強度および形状を保つという観点から、含有率は5質量%以上が好ましい。

これらの有機高分子化合物のパルプ状物あるいは短繊維を炭素繊維に混入する方法としては、炭素繊維とともに水中で攪拌分散させる方法と、直接混ぜ込む方法があるが、均一に分散させるためには水中で拡散分散させる方法が好ましい。

炭素繊維紙を抄紙した後、加熱加圧ロールでホットプレスすることにより、炭素繊維の配向および厚みを均一化し、炭素繊維特有の毛羽を最小限におさえることができる。加熱加圧ロールの加熱温度は100℃～150℃が好ましく、圧力は0.5MPa～20MPaが好ましい。

本発明の燃料電池用多孔質炭素電極基材は、厚みが0.05～0.5mmでかつ嵩密度0.3～0.8g/cm³であり、歪み速度10mm/min、支点間距離2cm、試験片幅1cmの条件での3点曲げ試験において、曲げ強度が10MPa以上でかつ曲げの際のたわみが1.5mm以上である燃料電池用多

孔質炭素電極基材である。

燃料電池用多孔質炭素電極基材は、炭素繊維などの炭素質を主たる構成要素とするもので、燃料電池の電極として機能するに足る水またはガス透過性および導電性を有する基材である。多孔質電極基材のガス透過性としては、 $200 \text{ ml} \cdot \text{mm} / \text{hr} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mmHg}$ 以上であることが好ましい。導電性としては、電極基材を銅板に挟み、銅板の上下から 1 MPa で加圧し、 $10 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流密度の電流を流したときの抵抗値を測定した時の貫通抵抗が $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下であることが好ましい。

多孔質炭素電極基材の厚みは、抵抗値の観点から、 $0.05 \sim 0.5 \text{ mm}$ である必要があり、好ましくは、 $0.1 \text{ mm} \sim 0.3 \text{ mm}$ である。厚みが 0.05 mm 未満であると、厚み方向の強度が弱くなり、セルスタックを組んだときのハンドリングに耐えられなくなる。また、 0.5 mm を越えるとその電気抵抗が高くなり、スタックを積層した際にトータルの厚みが大きくなる。嵩密度は $0.3 \sim 0.8 \text{ g} / \text{cm}^3$ であることが必要であり、 $0.4 \sim 0.7 \text{ g} / \text{cm}^3$ が好ましい。嵩密度が $0.3 \text{ g} / \text{cm}^3$ 未満である場合、電気抵抗が高くなるうえ、満足できる柔軟性も得られない。また、 $0.8 \text{ g} / \text{cm}^3$ を越えて高くなるとガス透過性が悪くなり、燃料電池の性能が低下する。

本発明の多孔質炭素電極基材の曲げ強度は、歪み速度 $10 \text{ mm} / \text{min}$ 、支点間距離 2 cm 、試験片幅 1 cm の条件下で、 10 MPa 以上、好ましくは 40 MPa 以上である。 10 MPa 未満であると、取り扱いが困難になり、例えばロールに巻き取る際に割れやすい。また、曲げ強度を 10 MPa 以上とすることにより、電極基材の曲げの際に亀裂が生じないものとすることができる。さらに、曲げの際のたわみは 1.5 mm 以上、好ましくは 2.0 mm 以上である。曲げたわみが 1.5 mm 未満である場合、連続的にロールに巻き取る際に、割れやすく、長尺の電極基材を作製・取り扱うことが困難になる。

本発明における燃料電池用多孔質炭素電極基材は長さが 1 m 以上であり、外径 50 cm 以下のロールに巻き取り可能であることが好ましい。電極基材が長尺でロールに巻き取ることができれば、電極基材の生産性が高くなるだけでな

く、その後工程のMEA (Membrane/Electrode Assembly: 膜電極集合体) 製造も連続で行うことができ、燃料電池のコスト低減化に大きく寄与することができる。このためにも、少なくとも外径50 cm以下、さらに好ましくは40 cm以下のロールに巻き取り可能な程度に柔軟であることが好ましい。外径50 cm以下のロールに巻き取り可能な炭素電極基材は柔軟性に優れ、この後工程であるMEA製造工程通過性が良く、好ましい。さらに、外径50 cm以下のロールに巻き取ることができれば、炭素電極基材としての製品形態をコンパクトにでき、梱包や輸送コストの面でも有利である。また、電極基材の破壊を防ぐという観点から、ロール半径R (cm) は下式を満足することが好ましい。

$$R > \frac{x^2 + 0.64}{0.8x} \quad \dots (1)$$

但し、xは3点曲げ試験における曲げ破壊が生じる時のたわみ量 (cm)

本発明においては、平均直径5 μ m未満、平均繊維長が3～10 mmである細炭素繊維を含む炭素繊維紙に熱硬化性樹脂を含浸し、加熱加圧により硬化し、次いで炭素化することにより燃料電池用多孔質炭素電極基材とする。

本発明に用いる熱硬化性樹脂は常温において粘着性、或いは流動性を示す物でかつ炭素化後も導電性物質として残存する物質が好ましく、フェノール樹脂、フラン樹脂等を用いることができる。前記フェノール樹脂としては、アルカリ触媒存在下においてフェノール類とアルデヒド類の反応によって得られるレゾールタイプフェノール樹脂を用いることができる。また、レゾールタイプの流動性フェノール樹脂に公知の方法によって酸性触媒下においてフェノール類とアルデヒド類の反応によって生成する、固体の熱融着性を示すノボラックタイプのフェノール樹脂を溶解混入させることもできるが、この場合は硬化剤、例えばヘキサメチレンジアミンを含有した、自己架橋タイプのものが好ましい。

フェノール類としては、例えば、フェノール、レゾルシン、クレゾール、キ

シロール等が用いられる。アルデヒド類としては、例えばホルマリン、パラホルムアルデヒド、フルフラール等が用いられる。また、これらを混合物として用いることができる。これらはフェノール樹脂として市販品を利用することも可能である。

本発明に用いる樹脂含浸炭素繊維紙中の樹脂の好ましい割合は30質量%～70質量%である。多孔質炭素電極基材の構造が密になり、得られる電極基材の強度が高いという点で、30質量%以上が好ましい。また、得られる電極基材の空孔率、ガス透過性を良好に保つという点で、70質量%以下とすることが好ましい。ここで、樹脂含浸炭素繊維紙とは、加熱加圧前の、炭素繊維紙に樹脂を含浸したものをいうが、樹脂含浸の際に溶媒を用いた場合には溶媒を除去したものをいう。

熱硬化性樹脂の含浸工程において熱硬化性樹脂に導電性物質を混入することもできる。導電性物質としては、炭素質ミルド繊維、カーボンブラック、アセチレンブラック、等方性黒鉛粉などが挙げられる。樹脂中に導電性物質を混入する際の混入量は、樹脂に対して、1質量%～10質量%が好ましい。混入量が1質量%未満であると導電性改善の効果が小さいという点で不利であり、10質量%を越えると導電性改善の効果が飽和する傾向にあり、またコストアップの要因となるという点で不利である。

樹脂または樹脂と導電体の混合物を炭素繊維紙に含浸する方法としては、絞り装置を用いる方法もしくは熱硬化性樹脂フィルムを炭素繊維紙に重ねる方法が好ましい。絞り装置を用いる方法は樹脂溶液もしくは混合液中に炭素繊維紙を含浸し、絞り装置で取り込み液が炭素繊維紙全体に均一に塗布されるようにし、液量は絞り装置のロール間隔を変えることで調節する方法である。比較的粘度が低い場合はスプレー法等も用いることができる。

熱硬化樹脂フィルムを用いる方法は、まず熱硬化性樹脂を離型紙に一旦コーティングし、熱硬化性樹脂フィルムとする。その後、炭素繊維紙に前記フィルムを積層して加熱加圧処理を行い、熱硬化性樹脂を転写する方法である。

本発明における加熱加圧工程は、生産性の観点から、炭素繊維紙の全長にわたって連続して行うことが好ましい。また加熱加圧に先立って予熱を行うことが好ましい。この予熱工程において、熱硬化性樹脂を軟化させ、その後に続く加熱加圧工程にて、プレスにより電極基材の厚みを良好にコントロールできる。予熱した樹脂含浸炭素繊維紙を予熱温度より50℃以上高い温度でプレスすることで所望の厚み、密度の電極基材を得ることができる。また、所望の厚み、密度の電極基材を得るために、樹脂含浸炭素繊維紙を複数枚重ねて、加熱加圧を行っても良い。

前記した加熱加圧は、連続式加熱ロールプレス装置あるいは一對のエンドレスベルトを備えた連続式加熱プレス装置を用いて行うことが好ましい。後者の連続式加熱プレス装置は、ベルトで基材を送り出すことになるので、基材にはほとんど張力がかからない。したがって、製造中の基材の破壊は生じにくく、工程通過性に優れる。また、前者の連続式加熱ロールプレス装置は構造が単純であり、ランニングコストも低い。以上、2つの加熱加圧方式は連続で樹脂を硬化するのに適した方法であり、本発明の電極基材の製造に用いることが好ましい。

前記した連続式のプレス装置を用いる際の加圧圧力は $1.5 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5 \text{ N/m}$ であることが好ましい。加熱加圧は繊維中に樹脂を十分にしみ込ませ、曲げ強度を上げるために必要な工程である。樹脂を熱硬化させる時に $1.5 \times 10^4 \text{ N/m}$ 以上で加圧することにより、十分な導電性と柔軟性を生むことができる。また、 $1 \times 10^5 \text{ N/m}$ 以下で加圧することにより、硬化の際、樹脂から発生する蒸気を十分に外に逃がすことができ、ひび割れの発生を抑えることができる。

加熱加圧処理での加熱温度は、硬化処理時間あるいは生産性の観点から140℃以上が好ましく、加熱加圧装置等の設備のためのコストの観点から320℃以下が好ましい。より好ましくは160～300℃の範囲である。また前記予熱の温度は100～180℃の範囲が好ましい。

本発明において、樹脂硬化の後に続く炭素化を炭素繊維紙の全長にわたって連続で行うことが好ましい。電極基材が長尺であれば、電極基材の生産性が高くなるだけでなく、その後工程のMEA製造も連続で行うことができ、燃料電池のコスト低減化に大きく寄与することができる。具体的には、炭素化は不活性処理雰囲気下にて1000～3000℃の温度範囲で、炭素繊維紙の全長にわたって連続して焼成処理することが好ましい。本発明の炭素化においては、不活性雰囲気下にて1000～3000℃の温度範囲で焼成する炭素化処理の前に行われる、300～800℃の程度の不活性雰囲気での焼成による前処理を行っても良い。

以上から最終的に得られる電極基材は、外径50cm以下、さらに好ましくは外径40cm以下のロールに巻き取ることが好ましい。外径50cm以下のロールに巻き取ることができれば、電極基材としての製品形態をコンパクトにでき、梱包や輸送コストの面でも有利である。

以下、本発明を実施例により、さらに具体的に説明する。

実施例中の各物性値等は以下の方法で測定した。

1) 炭素繊維直径

炭素繊維の直径は、JIS R-7601記載のヘリウム-ネオンレーザーによる測定（Anritsu社製 SLB DIA MEASURING SYSTEM）を行った。100本の炭素繊維について前記測定を行い、その平均値をもって炭素繊維の平均直径とした。

2) 厚み

厚み測定装置ダイヤルシックネスゲージ7321（（株）ミットヨ製）を使用し、測定した。なお、このときの測定子の大きさは、直径10mmで測定圧力は1.5kPaで一定である。

3) 電極基材の曲げ強度

曲げ強度試験装置を用いて測定する。支点間距離は2 cmにし、歪み速度10 mm/minで荷重をかけていき、荷重がかかり始めた点から試験片が破断したときの加圧くさびの破断荷重を測定し次式より求めた。

$$\text{曲げ強度 (MPa)} = \frac{3PL}{2Wh^2}$$

P : 破断荷重 (N)

L : 支点間距離 (mm)

W : 試験片の幅 (mm)

h : 試験片の高さ (mm) . . . (2)

なお、連続サンプルについては長手方向の値を測定した。

4) 電極基材のたわみ

曲げ強度試験装置を用いて測定した。支点間距離は2 cmにし、歪み速度30 mm/minで荷重をかけていき、荷重がかかり始めた点から試験片が破断したときの加圧くさびの移動距離測定によって求めた。

5) 気体透過係数

J I S - P 8 1 1 7 に準拠し、ガーレー式デンスオメーターを使用し、200 mm³の気体が通過する時間を測定し、算出した。

6) 貫通抵抗の測定

試料を銅板にはさみ、銅板の上下から1 MPaで加圧し、10 mA/cm²の電流密度で電流を流したときの抵抗値を測定し、次式より求めた。

$$\text{貫通抵抗}(\Omega \cdot \text{cm}^2) = \text{測定抵抗値}(\Omega) \times \text{試料面積}(\text{cm}^2) \quad \dots (3)$$

実施例 1

平均繊維径が4 μmのポリアクリロニトリル (PAN) 系炭素繊維の繊維束を切断し、平均繊維長が3 mmの短繊維を得た。

次にこの短繊維束を水中で解繊し、十分に分散したところにバインダーであるポリビニルアルコール（PVA）の短繊維（クラレ株式会社製VBP105-1 カット長3mm）を炭素繊維とPVAとの合計量に対して15質量%となるように均一に分散させ、標準角形シートマシン（熊谷理機工業（株）製 No. 2555 標準角形シートマシン）を用いてJIS P-8209法に準拠して手動により抄紙を行い、乾燥させて炭素繊維紙を得た。PVA繊維は半分溶解した溶けの状態で、炭素繊維同士を接着していた。得られた炭素繊維紙は単位面積当たりの質量（目付け）が60 g/m²であった。

この炭素繊維紙をフェノール樹脂（レジトップPL-2211、群栄化学（株）製の15質量%エタノール溶液に浸漬し、引き上げて炭素繊維100質量部に対し、フェノール樹脂を100質量部付着させ、熱風で乾燥した後、フッ素加工した鉄板に挟んで、バッチプレス装置にて170℃、15MPaの条件下に15分間置き、フェノール樹脂を硬化させた。

続いて、上記中間基材を、窒素ガス雰囲気中バッチ炭素化炉にて2000℃で1時間加熱し、炭素化することで多孔質炭素電極基材を得た。曲げ強度・たわみともに良好な結果であった。

各実施例、比較例における炭素繊維紙の製造条件を表1に、電極基材の製造条件を表2に、電極基材の評価結果を表3に示す。

実施例2

次のように連続抄紙した以外は実施例1と同様にして電極基材を得た。

炭素短繊維束を湿式連続抄紙装置のスラリータンクで水中に解繊し、十分に分散したところにバインダーであるポリビニルアルコール（PVA）の短繊維（実施例1で用いたもの）を均一に分散させ、送り出した。送り出されたウェブを短網板を通し、ドライヤー乾燥後、長さ20mの炭素繊維紙を得た。得られた炭素繊維紙は単位面積当たりの質量が60 g/m²であった。また、後続の工程のために、この長尺の炭素繊維紙を25cm長さに切断した。

本実施例の電極基材は、連続抄紙により曲げ強度が著しく強くなり、たわみも良好な結果であった。

実施例 3

実施例 2 と同様にして長尺の炭素繊維紙を作成し、この炭素繊維紙に d i p - n i p 法により熱硬化性樹脂を含浸させた。すなわち、この炭素繊維紙をフェノール樹脂（フェノライト J - 3 2 5 ・大日本インキ化学（株）製）の 2 0 重量%メタノール溶液のトレイに、連続的に送り込み、絞り装置にて樹脂を絞り、連続的に熱風を吹きかけ乾燥させ、樹脂含浸炭素繊維紙を得た。このとき炭素繊維 1 0 0 質量部に対し、フェノール樹脂を 1 0 0 質量部付着した。

次に、この樹脂含浸炭素繊維紙を図 1 に示した連続式加熱ロールプレス装置にて連続的に加熱加圧し、樹脂硬化炭素繊維紙を得た。すなわち、上記樹脂含浸炭素繊維紙 1 をロールから送り出し、これを離型剤コーティング基材 2 で挟んだ状態で予熱ゾーン 4、引き続いて加熱加圧ゾーン 5 に送り、その後離型剤コーティング基材 2 を取り除き、得られた樹脂硬化炭素繊維紙をロールに巻き取った。このときの予熱ゾーンでの予熱温度は 1 5 0 °C、予熱時間は 5 分であり、加熱加圧ゾーンでの温度は 2 5 0 °C、プレス圧力は線圧 $1.5 \times 10^4 \text{ N/m}$ であった。

その後、3 0 c m 幅で 2 0 m 得られたこの樹脂硬化炭素繊維紙を、2 5 c m ずつ切断し、実施例 1、2 と同様の方法で焼成し、電極基材を得た。曲げ強度・たわみともに良好な結果であった。

実施例 4

ロールプレス装置のプレス圧力を線圧 $7.5 \times 10^4 \text{ N/m}$ と高くした以外は、実施例 3 と同様の方法で電極基材を得た。プレス圧が強いため、薄く、曲げ強度が強く、たわみも大きい値となった。

実施例 5

実施例 4 と同様の方法で抄紙、樹脂含浸、ロールプレスして得た樹脂硬化炭素繊維紙を、切断せず、窒素ガス雰囲気中にて 2 0 0 0 °C の連続焼成炉において 1 0 分間加熱し、炭素化することで長さ 2 0 m の炭素電極基材を連続的に得

て、外径 30 cm の円筒型紙管に巻き取った。薄く、曲げ強度が強く、たわみも大きい値となった。

実施例 6

目付を 100 g/m^2 にする以外は実施例 3 と同様の方法で連続抄紙、樹脂含浸をした後、樹脂含浸炭素繊維紙を図 2 に示した一対のエンドレスベルトを備えた連続式加熱プレス装置（ダブルベルトプレス装置：DBP）にて連続的に加熱プレスし、樹脂硬化炭素繊維紙を得た。すなわち、上記樹脂含浸炭素繊維紙 1 を離型剤コーティング基材 2 の間に配置し、樹脂含浸炭素繊維紙 1 および離型剤コーティング基材 2 を続ベルト装置 3 a、3 b の間に送り、予熱ゾーン 4、引き続いて加熱加圧ゾーン 5 に送った。その後は図 1 のロールプレス装置と同様、離型剤コーティング基材 2 を取り除き、得られた樹脂硬化炭素繊維紙をロールに巻き取った。連続ベルト装置 3 a、3 b はそれぞれ回転することにより樹脂含浸炭素繊維紙 1 等を搬送する。なお、このときの予熱ゾーンでの予熱温度は 160°C 、予熱時間は 5 分であり、加熱加圧ゾーンでの温度は 280°C 、プレス圧力は線圧 $1.5 \times 10^4 \text{ N/m}$ であった。その後、30 cm 幅で 20 m 得られたこの基材を、25 cm づつ切断し、実施例 1、2 と同様の方法で焼成し、電極基材を得た。平滑で、曲げ強度・たわみともに良好な結果であった。

実施例 7

ダブルベルトプレス（DBP）装置のプレス圧力を線圧 $7.5 \times 10^4 \text{ N/m}$ と強くした以外は、実施例 6 と同様の方法で電極基材を得た。プレス圧が強いため、薄く、曲げ強度が強く、たわみも大きい値となった。

実施例 8

単位面積当たりの質量が 30 g/m^2 になるように調整して連続的に炭素繊維紙を得た以外は、実施例 7 と同様の方法で連続的に抄紙、樹脂含浸を行った。ダブルベルトプレスの際、得られた樹脂含浸炭素繊維紙を同じ抄紙状態の面が

内側になるように2枚重ねてプレスした以外は実施例7と同様に加熱加圧した。得られた基材は、切断せず、窒素ガス雰囲気中にて300～600℃の炉で5分間前炭素化処理をした後、1600～2000℃の連続焼成炉において10分間加熱し、炭素化することで長さ20mの炭素電極基材を連続的に得て、直径30cmの紙管に巻き取った。得られた基材はまったく反りがなく、薄く、曲げ強度が強く、たわみも大きい値となった。

実施例9

平均繊維径が4 μ m、平均繊維長が3mmの炭素短繊維のかわりに平均繊維径が4 μ m、平均繊維長が6mmの短繊維を使用した以外は、実施例8と同様の方法で炭素電極基材を得た。分散性は相対的に悪くなるが、強度、たわみ、ガス透過性共に良好な値となった。

実施例10

平均繊維径が4 μ mのポリアクリロニトリル(PAN)系炭素繊維の繊維束を切断し、平均繊維長が3mmの短繊維を得た。一方で平均繊維径が7 μ mのPAN系炭素繊維の繊維束を切断し、平均繊維長が6mmの短繊維を得た。次にこれらの繊維束を繊維径4 μ mと7 μ mの短繊維の比が4 μ m/7 μ m=8/11になるように水中で解繊し、十分に分散したところにバインダーであるポリビニルアルコール(PVA)の短繊維(実施例1で用いたもの)を炭素繊維とPVAとの合計量に対して5質量%となるように均一に分散させ、標準角形シートマシン(実施例1で用いたもの)を用いてJIS P-8209法に準拠して抄紙を行った。これ以外は、実施例1と同様に樹脂含浸、バッチプレス、バッチ炭素化を行って電極基材を得た。曲げ、たわみともに良好な結果が得られた。

実施例11

実施例10と同じ配合で炭素短繊維およびPVAを配合した以外は実施例2と同様、湿式連続抄紙装置により抄紙を行い、樹脂含浸、バッチプレス、バツ

チ炭素化を行って電極基材を得た。実施例 10 と比較して曲げ強度が著しく強くなり、たわみも良好な結果であった。

実施例 12

実施例 10 と同じ配合で炭素短繊維および PVA を配合した以外は実施例 3 と同様、湿式連続抄紙装置により抄紙を行い、連続的に樹脂含浸、乾燥した後ロールプレス、バッチ炭素化を行い、電極基材を得た。曲げ強度・たわみともに良好な結果であった。

実施例 13

実施例 10 と同じ配合で炭素短繊維および PVA を配合した以外は実施例 4 と同様、湿式連続抄紙装置により抄紙を行い、連続的に樹脂含浸、乾燥した後、ロールプレス、バッチ炭素化を行い、電極基材を得た。実施例 12 より高い圧力でプレスしたため、実施例 12 の電極基材より、薄く、曲げ強度が強く、たわみも大きい値となった。

実施例 14

実施例 10 と同じ配合で炭素短繊維および PVA を配合した以外は実施例 5 と同様、湿式連続抄紙装置により抄紙を行い、連続的に樹脂含浸、乾燥した後ロールプレス、連続焼成を行い、幅 30 cm、長さ 20 m の電極基材を外径 30 cm の円筒型紙管に巻き取った。薄く、曲げ強度が強く、たわみも大きい値となった。

実施例 15

実施例 10 と同じ配合で炭素短繊維および PVA を配合した以外は実施例 6 と同様、湿式連続抄紙装置により抄紙を行い、連続的に樹脂含浸、乾燥した後、ダブルベルトプレス (DBP)、バッチ炭素化を行い、電極基材を得た。曲げ強度・たわみともに良好な結果であった。

実施例 16

実施例 10 と同じ配合で炭素短繊維および PVA を配合した以外は実施例 7 と同様、湿式連続抄紙装置により抄紙を行い、連続的に樹脂含浸、乾燥した後、ダブルベルトプレス (DBP)、バッチ炭素化を行い、電極基材を得た。実施例 15 より高い圧力でプレスしたため、実施例 15 の電極基材より、薄く、曲げ強度が強く、たわみも大きい値となった。

実施例 17

実施例 10 と同じ配合で炭素短繊維および PVA を配合した以外は実施例 8 と同様、湿式連続抄紙装置により抄紙を行い、連続的に樹脂含浸、乾燥した後ダブルベルトプレス (DBP)、連続焼成を行い、幅 30 cm、長さ 20 m の電極基材を直径 30 cm の円筒型紙管に巻き取った。得られた基材はまったく反りがなく、薄く、曲げ強度が強く、たわみも大きい値となった。

実施例 18

平均繊維径が 4 μ m、平均繊維長が 3 mm の炭素短繊維のかわりに平均繊維径が 4 μ m、平均繊維長が 6 mm の短繊維を使用した以外は、実施例 17 と同様の方法で炭素電極基材を得た。相対的に分散性は悪くなるが、強度・たわみは良好な値を示し、ガス透過性は、良い値となった。

実施例 19

抄紙の際、使用するバインダーを PVA のかわりにポリアクリロニトリル (PAN) 系パルプを使用した以外は、実施例 1 と同様の方法で電極基材を得た。PVA を使用したときより炭素短繊維の結着力は小さいが、曲げ・たわみともに良好な結果が得られた。

実施例 20

樹脂含浸の際、樹脂溶液に導電性物質としてカーボンブラック MA100 (三菱化学(株)製) をフェノール樹脂に対して 1 質量% 混合させて炭素繊維紙に含

浸させた以外は、実施例 1 と同様の方法で電極基材を得た。導電性において良好な値を示した。

実施例 2 1

炭素繊維 3 5 質量部に対し、フェノール樹脂を 6 5 質量部付着した以外は、実施例 8 と同様の方法で電極基材を得た。少しガス透過性が小さくなるが、曲げ強度たわみとも良好であった。

実施例 2 2

実施例 2 と同様の方法で連続的に炭素繊維紙を得た後、フェノール樹脂（フェノライト 5 9 0 0 大日本インキ化学(株)製）を脱溶媒した後、コーターで離型紙に塗工し、目付が 30 g/m^2 の長尺なフェノール樹脂フィルムを得た。このフェノール樹脂フィルムを前記炭素繊維紙に上下から重ねて、フェノール樹脂を前記炭素繊維紙に転写した後、空気抜きを行いロール状に巻き取った。

得られた樹脂含浸炭素繊維紙を 2 枚重ねにしなかったこと以外は実施例 8 と同様、ダブルベルト装置によりプレス硬化させ、連続的に炭素化し、 30 cm 幅、 20 m の電極基材を得た。ガス透過性に優れ、曲げ強度たわみとも良好であった。

比較例 1

平均繊維径が $7 \mu\text{m}$ の PAN 系の炭素短繊維（実施例 1 0 で用いたもの）のみを炭素繊維として使用し、実施例 2 と同様に連続抄紙し、 60 g/m^2 の炭素繊維紙を得た。また、実施例 3 と同様に樹脂含浸を行い、実施例 2 2 と同様にベルトプレスと連続炭素化を行い、電極基材を得た。気体透過係数は大きくなったがたわみが小さくロールに巻くと割れた。

比較例 2

比較例 1 と同様、平均繊維径が $7 \mu\text{m}$ の PAN 系の炭素短繊維のみを炭素繊維として使用し、実施例 8 と同様に連続抄紙し、 30 g/m^2 の炭素繊維紙を得

た。次いで、実施例 3 と同様に樹脂含浸を行ったが、プレスを行わずに 180℃で連続硬化させ、そのまま連続炭素化した。得られた電極基材は、非常に脆くなってしまった。

比較例 3

PAN系の炭素繊維のかわりに平均繊維長 11 mm のピッチ系炭素繊維を使用した以外は、実施例 1 と同様の方法で電極基材を作成した。曲げ強度が弱く、脆くなった。

表1 各実施例・比較例における炭素繊維紙の製法

	①全CF 中の4 μ m径CF (質量%)	4 μ m径 CFの 繊維長 (mm)	②全CF 中の7 μ m径CF (質量%)	7 μ m径 CFの 繊維長 (mm)	③ バインダ —	混合質量 比率 ①/②/③	炭素繊維紙の 目付 (g/m ²)	抄紙方法
実施例1	100	3	—	—	PVA	85/0/15	60	手漉き
実施例2	100	3	—	—	PVA	85/0/15	60	連続
実施例3	100	3	—	—	PVA	85/0/15	60	連続
実施例4	100	3	—	—	PVA	85/0/15	60	連続
実施例5	100	3	—	—	PVA	85/0/15	60	連続
実施例6	100	3	—	—	PVA	85/0/15	100	連続
実施例7	100	3	—	—	PVA	85/0/15	100	連続
実施例8	100	3	—	—	PVA	85/0/15	30 \times 2	連続
実施例9	100	6	—	—	PVA	85/0/15	30 \times 2	連続
実施例10	42	3	58	6	PVA	40/55/5	60	手漉き
実施例11	42	3	58	6	PVA	40/55/5	60	連続
実施例12	42	3	58	6	PVA	40/55/5	60	連続
実施例13	42	3	58	6	PVA	40/55/5	60	連続
実施例14	42	3	58	6	PVA	40/55/5	60	連続
実施例15	42	3	58	6	PVA	40/55/5	100	連続
実施例16	42	3	58	6	PVA	40/55/5	100	連続
実施例17	42	3	58	6	PVA	40/55/5	30 \times 2	連続
実施例18	42	6	58	6	PVA	40/55/5	30 \times 2	連続
実施例19	100	3	—	—	PAN パルプ	85/0/15	60	手漉き
実施例20	100	3	—	—	PVA	85/0/15	60	手漉き
実施例21	100	3	—	—	PVA	85/0/15	30 \times 2	連続
実施例22	100	3	—	—	PVA	85/0/15	60	連続
比較例1	—	—	100	6	PVA	0/85/15	60	連続
比較例2	—	—	100	6	PVA	0/85/15	30	連続
比較例3	ピッチ 100	11	—	—	PVA	85/0/15	60	手漉き

CF：炭素繊維

表 2 各実施例・比較例における電極基材の製法

	熱硬化性 樹脂	樹脂/CF 質量比	加熱 加圧 方法	バッチ 加圧 圧力 (MPa)	連続 加圧線圧 ($\times 10^4$ N/m)	導電性 物質	炭素化 方法	巻き 取り
実施例1	PL2211	50/50	バッチ	15	—	—	バッチ	—
実施例2	PL2211	50/50	バッチ	15	—	—	バッチ	—
実施例3	PJ325	50/50	ロール	—	1.5	—	バッチ	—
実施例4	PJ325	50/50	ロール	—	7.5	—	バッチ	—
実施例5	PJ325	50/50	ロール	—	7.5	—	連続	20m
実施例6	PJ325	50/50	DBP	—	1.5	—	バッチ	—
実施例7	PJ325	50/50	DBP	—	7.5	—	バッチ	—
実施例8	PJ325	50/50	DBP	—	7.5	—	連続	20m
実施例9	PJ325	50/50	DBP	—	7.5	—	連続	20m
実施例10	PL2211	50/50	バッチ	15	—	—	バッチ	—
実施例11	PL2211	50/50	バッチ	15	—	—	バッチ	—
実施例12	PJ325	50/50	ロール	—	1.5	—	バッチ	—
実施例13	PJ325	50/50	ロール	—	7.5	—	バッチ	—
実施例14	PJ325	50/50	ロール	—	7.5	—	連続	20m
実施例15	PJ325	50/50	DBP	—	1.5	—	バッチ	—
実施例16	PJ325	50/50	DBP	—	7.5	—	バッチ	—
実施例17	PJ325	50/50	DBP	—	7.5	—	連続	20m
実施例18	PJ325	50/50	DBP	—	7.5	—	連続	20m
実施例19	PL2211	50/50	バッチ	15	—	—	バッチ	—
実施例20	PL2211	50/50	バッチ	15	—	CB 1%	バッチ	—
実施例21	PJ325	65/35	DBP	—	7.5	—	連続	20m
実施例22	フィルム	50/50	DBP	—	7.5	—	連続	20m
比較例1	PJ325	50/50	DBP	—	7.5	—	連続	20m
比較例2	PJ325	50/50	—	—	—	—	連続	20m
比較例3	PL2211	50/50	バッチ	15	—	—	バッチ	—

CB：カーボンブラック

表3 各実施例・比較例における電極基材の評価結果

	厚さ (mm)	嵩密度 (g/cm ³)	曲げ 強度 (MPa)	たわみ (mm)	1MPa加圧時 貫通抵抗 (mΩ・cm ²)	ガス透過率 (ml/hr/cm ² /mmAq)
実施例1	0.17	0.39	11	2.4	3.98	2880
実施例2	0.17	0.48	60	2.4	3.98	1020
実施例3	0.17	0.45	50	2.1	3.75	1780
実施例4	0.15	0.55	60	2.5	3.66	820
実施例5	0.14	0.57	80	2.7	3.22	760
実施例6	0.27	0.49	55	1.6	6.07	500
実施例7	0.23	0.58	78	1.8	5.89	440
実施例8	0.14	0.61	130	2.9	3.12	720
実施例9	0.14	0.58	92	2.7	3.11	1000
実施例10	0.16	0.39	13	2.3	4.08	1760
実施例11	0.17	0.48	63	2.5	3.78	1400
実施例12	0.17	0.45	52	2.0	3.9	1460
実施例13	0.14	0.55	61	2.4	3.82	1000
実施例14	0.14	0.57	83	2.7	3.49	960
実施例15	0.27	0.49	57	1.5	6.47	860
実施例16	0.23	0.58	79	1.7	6.19	560
実施例17	0.14	0.58	92	2.6	3.12	900
実施例18	0.14	0.58	82	2.8	3.42	2400
実施例19	0.17	0.41	11	2.3	3.21	2800
実施例20	0.18	0.41	15	2.8	2.95	2600
実施例21	0.18	0.63	61	2.0	5.05	350
実施例22	0.18	0.55	82	2.0	4.23	370
比較例1	0.14	0.55	80	1.2	3.61	1500
比較例2	0.14	0.29	4.5	1.2	2.55	3300
比較例3	0.18	0.34	8	2.4	3.21	6000

* 支点間距離は2 cmで統一した。

産業上の利用可能性

本発明の燃料電池用多孔質炭素電極基材は、柔軟性に優れていて曲げにも強く、ロールに巻くことができるなど生産性の高い基材である。また本発明の炭素繊維紙は、この優れた電極基材を製造するのに好適である。本発明の燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法によって、この優れた電極基材を製造することができる。

請 求 の 範 囲

1. バインダーとしての有機高分子化合物と炭素繊維とからなり、該炭素繊維が平均直径 $5\ \mu\text{m}$ 未満かつ平均繊維長が $3\sim 10\ \text{mm}$ の細繊維を含むことを特徴とする炭素繊維紙。
2. 前記有機高分子化合物がポリビニルアルコールである請求項 1 記載の炭素繊維紙。
3. 前記有機高分子化合物がアクリロニトリル系ポリマーのパルプ状物あるいは短繊維である請求項 1 記載の炭素繊維紙。
4. 前記炭素繊維がポリアクリロニトリル系炭素繊維のみからなる請求項 1～3 のいずれか一項記載の炭素繊維紙。
5. 前記炭素繊維が、平均直径が $3\ \mu\text{m}$ を越え $5\ \mu\text{m}$ 未満で平均繊維長が $3\sim 10\ \text{mm}$ である細繊維と、平均直径が $5\ \mu\text{m}$ 以上 $9\ \mu\text{m}$ 未満で平均繊維長が $3\sim 10\ \text{mm}$ の太繊維との混合物である請求項 1～4 のいずれか一項記載の炭素繊維紙。
6. 前記炭素繊維中に、前記細繊維が 40 質量% 以上含まれる請求項 1～5 のいずれか一項記載の炭素繊維紙。
7. 厚みが $0.05\sim 0.5\ \text{mm}$ で嵩密度が $0.3\sim 0.8\ \text{g}/\text{cm}^3$ であり、かつ、歪み速度 $10\ \text{mm}/\text{min}$ 、支点間距離 $2\ \text{cm}$ および試験片幅 $1\ \text{cm}$ の条件での 3 点曲げ試験において曲げ強度が $10\ \text{MPa}$ 以上でかつ曲げの際のたわみが $1.5\ \text{mm}$ 以上であることを特徴とする燃料電池用多孔質炭素電極基材。
8. 長さが $1\ \text{m}$ 以上であり、かつ、外径 $50\ \text{cm}$ 以下のロールに巻き取り可能である請求項 7 記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材。
9. 炭素繊維を含有し、該炭素繊維がポリアクリロニトリル系炭素繊維のみである請求項 7 又は 8 項記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材。
10. 炭素繊維を含有し、該炭素繊維が平均直径が $3\ \mu\text{m}$ を越え $5\ \mu\text{m}$ 未満で平均繊維長が $3\sim 10\ \text{mm}$ の細繊維と平均直径が $5\ \mu\text{m}$ 以上 $9\ \mu\text{m}$ 未満で平均繊維長が $3\sim 10\ \text{mm}$ の太繊維との混合物である請求項 7～9 のいずれか一

項記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材。

11. 炭素繊維を含有し、該炭素繊維中に、平均直径が $3\mu\text{m}$ を越え $5\mu\text{m}$ 未満で平均繊維長が $3\sim 10\text{mm}$ の細繊維が40質量%以上含まれる請求項7～10のいずれか一項記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材。

12. バインダーとしての有機高分子化合物と炭素繊維とからなり、該炭素繊維が平均直径 $5\mu\text{m}$ 未満かつ平均繊維長が $3\sim 10\text{mm}$ の細繊維を含む炭素繊維紙に、熱硬化性樹脂を含浸し、加熱加圧により該熱硬化性樹脂を硬化し、次いで炭素化する燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法。

13. 前記炭素繊維紙が請求項5記載の炭素繊維紙である請求項12記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法。

14. 前記加熱加圧を炭素繊維紙の全長にわたって連続して行う請求項12または13記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法。

15. 前記加熱加圧に先立って、熱硬化性樹脂が含浸された炭素繊維紙を予熱する請求項12～14のいずれか一項記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法。

16. 一对のエンドレスベルトを備えた連続式加熱プレス装置を用いて前記加熱加圧を行う請求項12～15のいずれか一項記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法。

17. 連続式加熱ロールプレス装置を用いて前記加熱加圧を行う請求項12～15のいずれかに記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法。

18. 前記加熱加圧に際して $1.5\times 10^4\sim 1\times 10^5\text{N/m}$ の線圧で加圧する請求項12～17のいずれか一項記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法。

19. 前記炭素化を炭素繊維紙の全長にわたって連続して行う請求項12～18のいずれか一項に記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法。

20. 前記炭素化を行って得た電極基材を、外径 50cm 以下のロールに巻き取る請求項12～19のいずれか一項に記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法。

21. 前記熱硬化性樹脂に導電性物質を混入する請求項12～20のいずれ

か一項に記載の燃料電池用多孔質炭素電極基材の製造方法。

FIG. 1

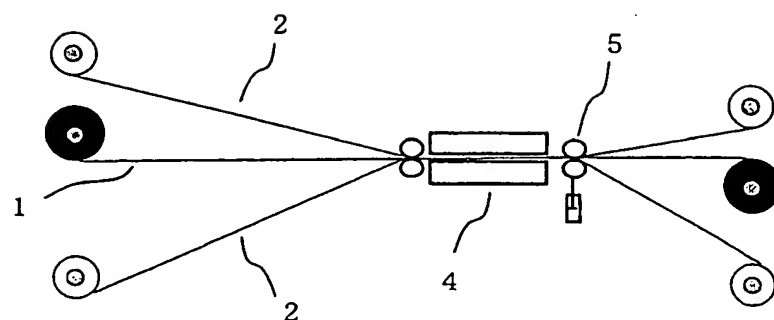
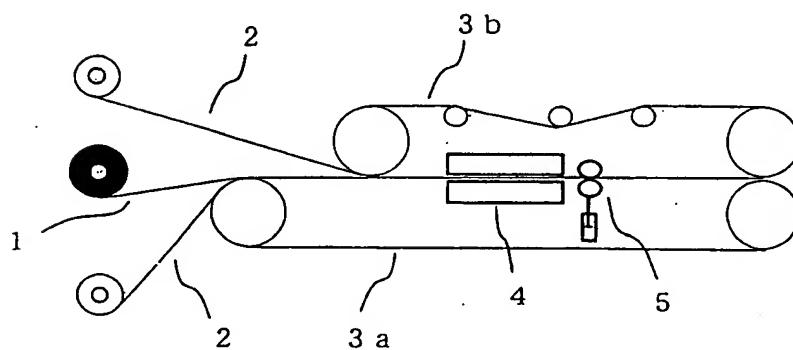


FIG. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/00486

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01M 4/96, H01M 4/88, D01M13/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01M 4/96, H01M 4/88, H01M 8/10, D01M13/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JOIS

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP, 9-324390, A (Toray Industries, Inc.), 16 December, 1997 (16.12.97), Claims; Par. Nos. [0011] to [0101] (Family: none)	1-4, 6 5, 7-21
A	JP, 8-2979, A (Osaka Gas Co. Ltd. & Unitika Ltd.), 09 January, 1996 (09.01.96), (Family: none)	1-21
A	JP, 2-92881, A (Oji Paper Co., Ltd.), 03 April, 1990 (03.04.90), (Family: none)	12-21
A	JP, 3-285873, A (Showa Denko K.K.), 17 December, 1991 (17.12.91), (Family: none)	12-21

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not
 considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing
 date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is
 cited to establish the publication date of another citation or other
 special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other
 means
 "P" document published prior to the international filing date but later
 than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or
 priority date and not in conflict with the application but cited to
 understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
 considered novel or cannot be considered to involve an inventive
 step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
 considered to involve an inventive step when the document is
 combined with one or more other such documents, such
 combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
 25 April, 2001 (25.04.01)

Date of mailing of the international search report
 15 May, 2001 (15.05.01)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/00486

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-6, 12-21 involve a special technical feature that the carbon fiber paper consists of an organic polymer compound as a binder and carbon fibers and the carbon fibers including fine fibers that have an average diameter of less than 5 μm and an average fiber length of 3-10 mm. Only in this point, these inventions are so linked as to form a single general inventive concept. The inventions of claims 7-11 involve a special technical feature that the porous carbon electrode base material for fuel cells has a thickness of 0.05 to 0.5 mm, a bulk density of 0.3 to 0.8 g/cm³, a rate of strain of 10 mm/min, a bending strength is 10 MPa or more when measured under a three-point bending test under the condition that the distance between the supports is 2 cm and the width of the test piece is 1 cm and the deflection of the bending is 1.5 mm or more. In this point, the inventions are so linked as to form a single general inventive concept. Therefore these special technical features are quite different from each other.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.